WIKIPEDIA

Spinosaurus

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

Spinosaurus (letteralmente "Rettile spinoso") è un genere estinto di dinosauro teropode spinosauride vissuto tra il Cretaceo inferiore e il Cretaceo superiore (Albiano-Cenomaniano, circa 112-97 milioni di anni fa), in Egitto, Marocco e Algeria, Nordafrica. I fossili di questo animale erano già noti ai popoli egiziani che li ritrovarono nel 1912. Gli stessi resti furono in seguito descritti dal paleontologo tedesco Ernst Stromer nel 1915. Purtroppo i resti originali descritti da Stromer furono distrutti durante la seconda guerra mondiale; fortunatamente in anni recenti sono stati ritrovati nuovi fossili e materiali che hanno fatto luce sulla vera natura di questo animale. Il genere comprende due specie: *S. aegyptiacus*, il cui olotipo venne descritto nel 1915 da Stromer, e *S. maroccanus*, descritto da Russel nel 1996, i cui resti fossili furono ritrovati in Marocco[1] (sebbene ora si pensi che tali resti appartengano in realtà al genere *Sigilmassasaurus*[2]).

Lo *Spinosaurus* fu uno dei più grandi, se non il più grande, tra i teropodi conosciuti, superando giganti come *Tyrannosaurus* e *Giganotosaurus* in lunghezza. Le stime pubblicate nel 2005, 2007 e 2008 parlavano di una lunghezza compresa tra i 12,6-18 metri e tra le 7 e le 20,9 tonnellate di peso[3][4].Le più recenti stime (2014 e 2015), basate su esemplari più completi, fissano la lunghezza complessiva massima dello *Spinosaurus* a 15 metri[5]. A differenza della maggior parte dei teropodi, il cranio dello *Spinosaurus* era lungo e stretto, simile a quello di un moderno coccodrillo. È ormai certo che lo *Spinosaurus* si cibasse prevalentemente di pesci e certi paleontologi sostengono che potesse cacciare prede sia acquatiche sia terricole, essendo capace di vivere sia nell'acqua sia sulla terra ferma. I suoi processi spinosi misuravano almeno 1,65 metri di lunghezza ed erano probabilmente connessi tra loro dalla pelle, formando una sorta di struttura a "vela", benché certi paleontologi sostengono che fossero ricoperti di grasso e che formassero una gobba. Ci sono varie teorie sulla loro funzione tra cui primeggiano la termoregolazione e l'utilizzo come display sessuale.

Spinosaurus

Ricostruzione scheletrica completa di *S. aegyptiacus* in postura di nuoto al National Geographic Museum

Stato di conservazione

Fossile

Classificazione scientifica

Dominio	Eukaryota
Regno	Animalia
Phylum	Chordata
Superordine	Dinosauria
Ordine	Saurischia
Sottordine	Theropoda
Famiglia	† Spinosauridae
Sottofamiglia	† Spinosaurinae
Tribù	† Spinosaurini
Genere	† ***Spinosaurus*** *Stromer, 1915*

Nomenclatura binomiale

† ***Spinosaurus aegyptiacus***
STROMER, 1915

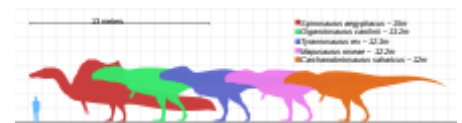
Sinonimi

- ?*Spinosaurus maroccanus* Russell, 1996
- ?*Sigilmassasaurus brevicollis* Russell, 1996

Indice

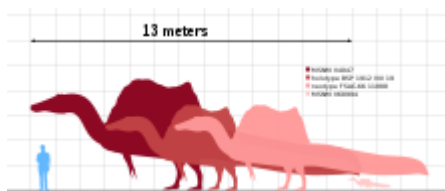
Descrizione

Dimensioni

Sin dalla sua scoperta, *Spinosaurus* è sempre stato contendente per il titolo di teropode più grande. Sia Friedrich von Huene nel 1926[6] e Donald F. Glut nel 1982 lo inclusero nei loro sondaggi dei teropodi specialmente enormi, entrambi ipotizzando che misurasse 15 metri di lunghezza e pesasse 6 tonnellate.[7] Nel 1988, Gregory S. Paul concordò con una lunghezza di 15 metri ma abbassò il peso a 4 tonnellate.[8]

Confronto di dimensioni tra dinosauri teropodi giganti, con *S. aegyptiacus* in rosso

Da sinistra a destra: dimensioni del più piccolo, neotipo e dei più grandi esemplari conosciuti di *Spinosaurus* rispetto ad un essere umano

Il paleontologo italiano Cristiano Dal Sasso, usando come modello il genere *Suchomimus*, animale che possiede le stesse proporzioni tra la lunghezza del cranio e la lunghezza del corpo, ha calcolato per *Spinosaurus* una lunghezza compresa tra i 16 e i 18 metri, per un peso tra le 7 e le 9 tonnellate[9]. Tuttavia le stime di Dal Sasso sono state criticate poiché le stime sulla lunghezza del cranio erano incerte, e assumendo anche gli aumenti di massa corporea, come il cubo di lunghezza del corpo, il ridimensionamento di *Suchomimus* che era di 11 metri di lunghezza e 3,8 tonnellate di massa, producendo una massa corporea stimata tra le 11,7 e le 16,7 tonnellate[10].

I paleontologi François Therrien e Donald Henderson, in un articolo del 2007 utilizzando il ridimensionamento in base alla lunghezza del cranio, in discussione nelle precedenti stime sulle dimensioni di *Spinosaurus*, trovarono le stime eccessive per la lunghezza e riduttive per il peso[10]. Sulla base di una lunghezza del cranio di 1,50 e/o 1,75 metri, le loro stime inclusero una lunghezza del corpo tra i 12,6 e i 14,3 metri e una massa corporea tra le 12 e le 20,9 tonnellate[10]. Le loro stime stabilirono che lo *Spinosaurus* era un animale più corto e leggero di *Carcharodontosaurus* e *Giganotosaurus*[10]. Tuttavia le stime di Therrien e Henderson furono aspramente criticate in quanto i due scienziati presero a modello i tirannosauridi e carnosauri, famiglie di dinosauri dalla corporatura diversa da quella degli spinosauridi[11][12], oltre che per l'ipotesi secondo cui il cranio dell'animale era lungo solo 1,50 metri. Sebbene la lunghezza oggi

La gamma di dimensioni di *Spinosaurus* rispetto ad un essere umano

stimata per *Spinosaurus* sia accertata a non più di 15 metri,[5] solo il ritrovamento di esemplari più completi potranno stabilire con esattezza le dimensioni di *Spinosaurus*,[10] in particolare ossa degli arti posteriori, ancora poco conosciute.[10]

Spine neurali

Ricostruzione dell'esemplare olotipico di Stormer, in evidenza le spine neurali

Molte delle spine neurali sulla schiena dello *Spinosaurus* erano particolarmente allungate in altezza, costituendo una base per quella che viene comunemente chiamata "vela". Questi processi spinosi potevano diventare circa dieci volte più lunghi del diametro delle vertebre da cui sporgevano, arrivando ad una lunghezza di ben 1,65 metri. Le spine neurali anteriori erano leggermente più lunghe di quelle posteriori,[13] ed erano differenziate da sottili aste osservate anche nei pelycosauri *Edaphosaurus* e *Dimetrodon*, ma in contrasto con le spine più spesse dell'iguanodontide *Ouranosaurus*.[13]

La vela di *Spinosaurus* non era tuttavia una caratteristica insolita tra i dinosauri: anche gli ornithopodi *Ouranosaurus* e *Morelladon* e i sauropodi *Amargasaurus* e *Rebbachiasaurus* possedevano strutture simili. Tra l'altro, l'*Ouranosaurus* e il *Rebbachiasaurus* vivevano negli stessi luoghi e nello stesso periodo di *Spinosaurus*. Una versione analoga alla vela di *Spinosaurus* erano le strutture a vela del sinapside permiano *Dimetrodon*, da alcuni interpretata come un'evoluzione convergente.[13]

Benché è comunemente ritenuto che questi processi fossero collegati con pelle, formando così una "vela", certi paleontologi hanno proposto che fossero invece ricoperti d'un fitto strato di grasso, analogo alla gobba presente sui bisonti. Lo stesso Stromer, nel 1915, ipotizzo la presenza di una strato di grasso e la sua interpretazione come gobba ma non riuscì mai a dimostrarla.[13] In seguito nel 1997, il paleontologo Jack Bowman Bailey riprese questa teoria affermando che le spine neurali di *Spinosaurus* e *Ouranosaurus* erano più corte in proporzione al corpo, rispetto a quelle dei pelicosauri; mentre le spine dei due dinosauri erano piatte e larghe come quelle presenti negli odierni mammiferi, come *Megacerops* e *Bison latifrons*.[13]

Tuttavia nell'ultima interpretazione del paleontologo Nizar Ibrahim, nel 2014, emerse che le spine neurali avevano una superficie liscia: era quindi improbabile che sostenessero una massa consistente di tessuti molli, come una gobba. In più presentavano poche tracce di canali in grado di ospitare vasi sanguigni.[13]

Cranio

Diagramma del cranio di *S. aegyptiacus*

Il cranio di *Spinosaurus* era lungo e stretto, fornito di denti conici e dritti ma non seghettati, come in altri teropodi. All'interno delle fauci, vi erano 6-7 denti solo che sulla premascella e altri dodici nel resto della mascella, e lo stesso numero era presente anche nel dentario della mandibola. Il secondo e il terzo dente su ogni lato era notevolmente più grande rispetto ai restanti denti della premascella, creando uno spazio tra loro e i denti del mascellare anteriore, in cui andavano a intersecarsi i denti più grandi della mandibola. Inoltre vi era una piccola cresta dinanzi agli occhi, il cui scopo era puramente ornamentale e che forse era ricoperta di cheratina o pelle e vivacemente colorata.[14] Usando le dimensioni di tre esemplari conosciuti come MSNM V4047, UCPC-2 e BSP 1912 VIII 19, e supponendo che la parte postorbitale del cranio di MSNM V4047 aveva una forma simile alla parte postorbitale del cranio di *Irritator*,

Dal Sasso ha stimato che il cranio dello *Spinosaurus* era lungo ben 1,75 metri.[14] Tuttavia le stime di Dal Sasso sono state messe in dubbio in quanto la forma del cranio può variare in base alle specie di spinosauride.[14]

Nel 2013, uno studio comparativo sugli spinosauridi e i coccodrilli odierni dimostrò che, in confronto agli alligatori e lo spinosauride *Baryonyx*, il cranio di *Spinosaurus* era poco adattato per resistere alle torsioni, per questo si pensa che *Spinosaurus* e gli Spinosaurinae in generale dipendessero nel nutrimento più dai pesci rispetto ai suoi parenti, benché non fosse escluso che cacciasse prede terricole ogni tanto.[15]

Classificazione

Spinosaurus dà il nome alla famiglia degli Spinosauridae, una famiglia di dinosauri teropodi che comprende due sottofamiglie: i Baryonychinae e gli Spinosaurinae. I Baryonychinae comprendono *Baryonyx* dal sud dell'Inghilterra e *Suchomimus* dal Niger, nel centro dell'Africa. Gli Spinosaurinae includono, ovviamente, *Spinosaurus*, *Irritator* e *Oxalaia*,entrambi dal Brasile.[9] Gli Spinosaurinae condividono denti dritti, serrati e distanziati tra loro, ad esempio, 12 su un lato della mascella, al contrario dei Baryonychinae che avevano tratti più primitivi come denti curvi dentellati e in maggior numero, ad esempio, 30 su un lato del mascellare.[14][9]

Ricostruzione museale della testa di *S. aegyptiacus* presentata nella mostra sullo Spinosauro nel 2014

L'analisi sugli spinosauridi di Arden *et al.* (2018), ha concluso che *Sigilmassasaurus* e *Spinosaurus* formano un *clade*, ossia la tribù Spinosaurini, definendola come "tutti gli spinosauridi più vicini a *Spinosaurus aegyptiacus* che a *Irritator challengeri* o *Oxalaia quilombensis*"; lo stesso studio indica *Siamosaurus suteethorni* e *Icthyovenator laosensis* come membri di Spinosaurinae.[16]

Filogenesi

La sottofamiglia Spinosaurinae fu nominata da Sereno nel 1998 e definita da Holtz *et al.* (2004) come "tutti i taxa più vicini a *Spinosaurus aegyptiacus* che a *Baryonyx walkeri*. La sottofamiglia Baryonychinae fu nominata da Charig & Milner nel 1986, per contenere l'appena scoperto *Baryonyx*, prima che quest'ultimo fosse riferito agli Spinosauridi. La loro sottofamiglia è stata definita da Holtz *et al.* nel 2004, come clade complementare di tutti i taxa più vicini a *Baryonyx walkeri* che a *Spinosaurus aegyptiacus*. Alcuni esami di Marcos Sales e Cesar Schultz *et al.* (2017) indicano che gli spinosauridi sudamericani *Angaturama*, *Irritator* e *Oxalaia* erano intermedi tra Baronychinae e Spinosaurinae in base alle loro caratteristiche craniodentali e all'analisi cladistica. Ciò indica che Baryonychinae potrebbe in effetti non essere monofiletico. Tuttavia la successiva analisi di Arden *et al.* ha rivalutato Baryonychinae come monofiletica, contenente solo *Baryonyx* e *Suchomimus*.[16]

Di seguito è riportato un cladogramma pubblicato nel 2012 da Allain, sulla famiglia degli spinosauridi,[14] aggiornato con i dati di Arden *et al.* (2018):[16]

Suchomimus tenerensis

Spinosaurinae

Siamosaurus suteethorni

Taxon di Eumeralla

Ichthyovenator laosensis

Irritator challengeri

Oxalaia quilombensis

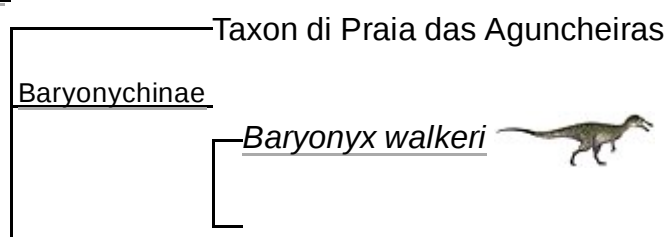
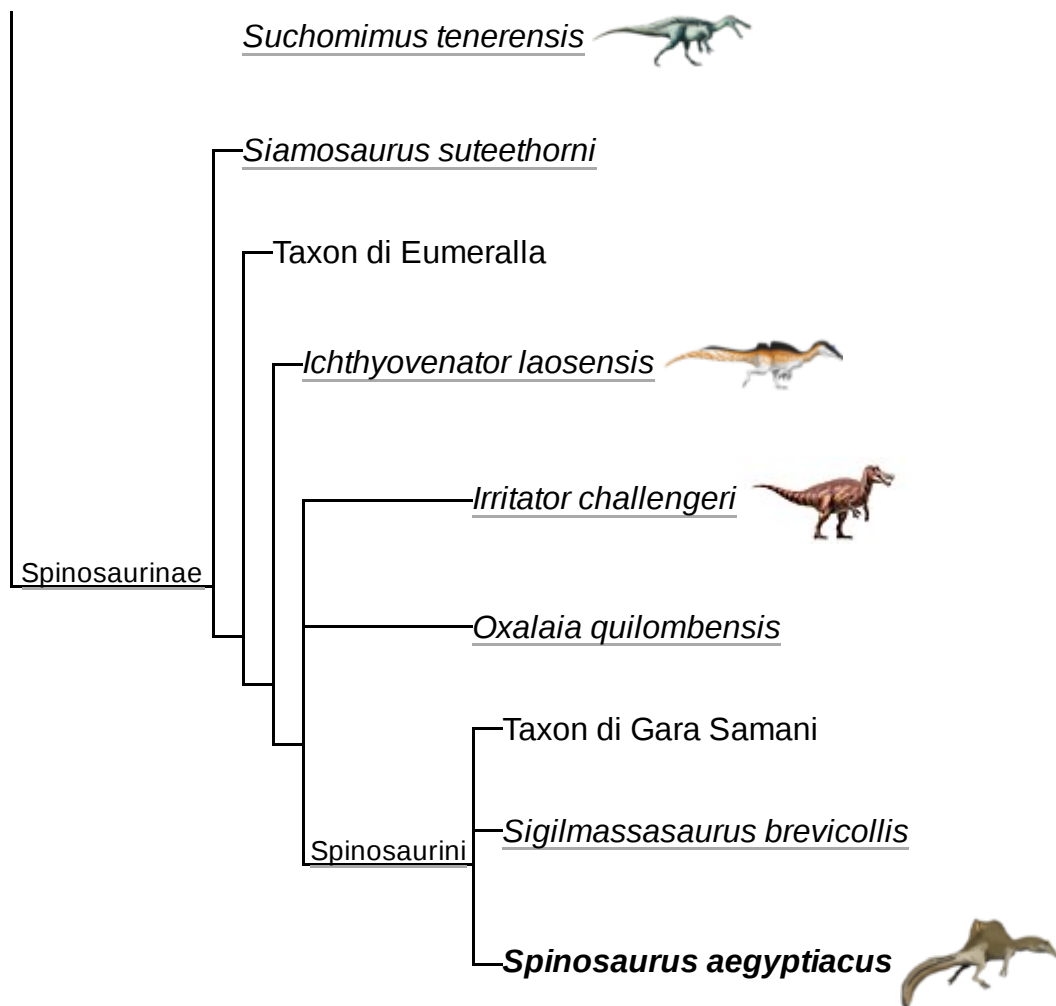
Spinosaurini

Taxon di Gara Samani

Sigilmassasaurus brevicollis

Spinosaurus aegyptiacus

Storia della scoperta

Restauro scheletrico che mostra gli elementi dell'olotipo, andato distrutto, di *S. aegyptiacus*

I primi resti fossili descritti di *Spinosaurus* furono ritrovati nel e descritti nel XX secolo. Fra il 1910 e il 1914 il nobile paleontologo bavarese Ernest Freiherr Stromer van Reichenbach aveva compiuto con la sua équipe varie e prolungate spedizioni nel Sahara egiziano, ai margini orientali dell'antico sistema fluviale di cui il Kem Kem costituisce il confine occidentale. Stromer scoprì e descrisse circa 45 diversi *taxa* tra dinosauri, coccodrilli, tartarughe e pesci. Tra le sue scoperte spiccavano due scheletri parziali di un dinosauro mai identificato prima, che nel 1915 Stromer chiamò *Spinosaurus aegyptiacus*. I resti provenivano entrambi dalla Formazione Bahariya e il secondo esemplare, denominato da Stromer come "*Spinosaurus B*", comprendeva alcune vertebre cervicali e parte degli arti posteriori. Tuttavia, già allora Stromer li considerava abbastanza diversi dall'olotipo di *Spinosaurus* per considerarli parte dell'animale e tuttora si è propensi ad associare tali resti ad un altro animale. Secondo le moderne ricerche tali resti apparterrebbero o ad un *Carcharodontosaurus*[2] o ad un *Sigilmassasaurus*.[2]

Grazie alle sue scoperte, esposte con grande risalto nelle sale della Collezione statale bavarese di paleontologia e geologia, a Monaco, Stromer divenne famoso. Durante la Seconda guerra mondiale, Stromer tentò disperatamente di far trasferire altrove la sua raccolta per salvarla dai bombardamenti alleati; ma il direttore del museo, un nazista fervente che lo odiava perché criticava apertamente il regime, rifiutò. Così, nell'aprile 1944, un raid aereo distrusse il museo e quasi tutti i fossili che conteneva. Dello *Spinosaurus* di Stromer rimase soltanto qualche appunto preso sul campo, qualche disegno e qualche foto seppiata.

Si dovrà attendere fino al 1996, prima di sentir parlare di nuovo di nuovi resti di *Spinosaurus*. In quell'anno infatti il paleontologo Dale Russell indicò una nuova specie di *Spinosaurus*, ossia *S. maroccanus*, sulla base di alcune vertebre del collo. L'olotipo (**NMC 50791**) di questa presunta nuova specie comprendeva una vertebra cervicale di 19,5 centimetri. Fu proprio questa vertebra a far supporre a Russel una nuova specie in quanto, questa vertebra era più lunga di quelle riscontrate in *Spinosaurus aegyptiacus*. Tuttavia, questa ipotesi venne contestata da molti paleontologi, in quanto la lunghezza delle vertebre possono variare da individuo ad individuo, e siccome l'olotipo di *S. aegyptiacus* è andato distrutto non è possibile fare un confronto adeguato tra le due specie. Pertanto, anche se alcuni tendono a considerarla una specie valida, la maggior parte degli esperti concorda che la specie *S. maroccanus* non sia altro che un *nomen dubium* o come un sinonimo junior di *S. aegyptiacus* o di *Sigilmassasaurus*.[2]

Esemplare fossile della presunta specie *S. maroccanus*

Solo nel 2005, si ebbe una svolta significativa, quando i paleontologi italiani Cristiano Dal Sasso e Simone Maganuco descrissero l'esemplare **MSNM V4047**, composto dal muso dell'animale comprendente la premascella, la mascella parziale e l'osso lacrimale parziale e, da solo, lungo ben 98,8 centimetri (38,9 pollici), ritrovato nel Kem Kem Beds. Si trattava dell'esemplare più completo dall'olotipo distrutto di Stromer, oltre ad essere l'esemplare più grande ritrovato finora.

Infine, nel 2014, il paleontologo Nizar Ibrahim riportò alle luce dal Kem Kem marocchino, nuovi resti sempre frammentari ma eccezionalmente preservati. L'esemplare, catalogato come **FSAC-KK 11888** e soprannominato "*Spinosaurus C*", comprende lo scheletro parziale di un animale subadulto, di circa 17 anni, e oggi designato come il nuovo neotipo, anche se alcuni paleontologi come Evers lo rifiutano, di *Spinosaurus*. L'esemplare comprende alcune grandi vertebre cervicali, vertebre dorsali, spine neurali, un osso sacro completo, i femori, le tibie, le falangi pedali, alcune vertebre caudali, diverse costole dorsali e alcuni frammenti del cranio. Tuttavia la ricostruzione dell'animale secondo tali resti ha lasciato perplessi molti studiosi, secondo tale modello infatti l'animale aveva zampe posteriori sproporzionatamente brevi e la sua locomozione consisteva nel moto quadrupede. Tuttavia, è stato dimostrato da più paleontologi che il campione in questione non è una chimera, ed è effettivamente un esemplare di *Spinosaurus*, pertanto oggi si pensa che l'animale avesse arti posteriori più brevi di quanto si pensasse.

Ricostruzione delle ossa del piede dell'animale, ricostruito secondo le ossa dell'esemplare di Ibrahim (2014)

Resti fossili

Sono stati scoperti sei resti importanti di *Spinosaurus*, tutti quanti parziali e ritrovati nel Nordafrica, tra il Kem Kem marocchino e la Formazione Baharya egiziana.

- **BSP 1912 VIII 19,** descritto da Stromer nel 1915 dalla Formazione Bahariya, era l'olotipo di *Spinosaurus*. Il materiale frammentario comprendeva i seguenti elementi: il dentario destro e sinistro inferiore della mandibola lunga circa 75 centimetri; un pezzo di mascellare sinistro che è stato descritto, ma non disegnato; 20 denti; 2 vertebre cervicali; 7 vertebre dorsali; 3 vertebre sacrali; 1 vertebra caudale; 4 costole toraciche e una gastralia. Delle nove spine neurali la cui altezze è descritta, la più lunga, denominata "i" e associata ad una vertebra dorsale, era lunga ben 1,65 metri. Secondo Stromer il campione in questione proveniva dal primo Cenomaniano, circa il 97 milioni di anni fa. Questo esemplare andò distrutto nella Seconda guerra mondiale, in particolare "durante la notte tra il 24 e il 25 aprile 1944 in un bombardamento inglese su

Monaco, che danneggiò gravemente l'edificio che ospita il Paläontologisches Museum München. Tuttavia , disegni dettagliati e le descrizioni del campione rimasero illesi. Il figlio di Stromer ha donato gli archivi del padre al Paläontologische Staatssammlung München nel 1995, e Smith. ha analizzato due fotografie dell'olotipo di Spinosaurus. Sulla base di una fotografia della mandibola Smith ha concluso che i disegni originali di Stromer, del 1915, erano leggermente imprecisi. Nel 2003, Oliver Rauhut suggerì che l'olotipo di *Spinosaurus*, rappresentasse una chimera, composta dalle vertebre e le spine neurali da un carcarodontosauride simile ad *Acrocanthosaurus* e il dentario di un *Baryonyx* o di un *Suchomimus*. Tuttavia questa ipotesi è stata respinta.

- **NMC 50791**, oggi conservato al Canadian Museum of Nature, si tratta di una vertebra medio-cervicale, lunga circa 19,5 centimetri ritrovata nel Kem Kem Beds, del Marocco. Si tratta dell'olotipo della specie *Spinosaurus maroccanus* e fu descritto da Russell nel 1996. Insieme alla vertebre Russell descrisse anche due metà di vertebre cervicali (NMC 41768 e NMC 50790), un frammento di dentario anteriore (NMC 50832), un frammento di medio-dentario (NMC 50833) ed una vertebra anteriore dorsale dell'arco neurale (NMC 50813). Secondo Russell tali reperti proverrebbero dall'Albiano, ma tale ipotesi è di dubbia identità.
- **MNHN SAM 124**, di proprietà del Muséum National d'Histoire Naturelle, consiste nella punta di un muso (parte di mascella e premascellare, vomere e frammenti dentari), ritrovati in Algeria e descritti da Taquet e Russell nel 1998[17]. I due studiosi ritengono che questo reperto, assieme ad altri (*SAM 125*, *SAM 126-127* e *SAM 128*), appartengano alla specie *maroccanus*.
- **BM231**, di proprietà dell'Office National des Mines, a Tunisi, consiste in un frammento dentario rinvenuto nella formazione Chenini, in Tunisia, e descritto da Buffetaut and Ouaja nel 2002.
- **UCPC-2**, facente parte della collezione paleontologica della University of Chicago, consiste di due ossi nasali con una piccola cresta infraoculare, rinvenuti nei giacimenti di Kem Kem nel 1996 ma descritti solo nel 2005 da Cristiano Dal Sasso, del Museo Civico di Storia Naturale di Milano;
- **MSNM V4047**, di proprietà del Museo Civico di Storia Naturale di Milano), ritrovato anch'esso nel Kem Kem e descritto da Dal Sasso nel 2005, consiste nella parte anteriore del cranio (premascellare, parte della mascella e delle ossa nasali) per una lunghezza di 98,8 cm; In suo studio Arden *et al.* (2018) hanno tentativamente assegnato questo esemplare a *Sigilmassasaurus brevicollis*. Tuttavia, in assenza di materiali fossili articolati, è difficile essere certi a quale genere appartenga questo esemplare.[16]

Campione MSNM V4047 di *S. aegyptiacus*, al Museo Civico di Storia Naturale di Milano

- **FSAC-KK 11888**, soprannominato anche "*Spinosaurus C*", è uno scheletro parziale di un individuo subadulto recuperato nei Kem Kem Beds, Nord Africa. Descritto da Ibrahim *et al.* (2014) è stato designato come il neotipo di *Spinosaurus* (sebbene Evers *et al.*, 2015, rifiutino la designazione di neotipo per FSAC-KK-11888). L'esemplare comprende alcune vertebre cervicali, vertebre dorsali, spine neuronali, un osso sacro completo, femore, tibia, falangi del piede, vertebre caudali, numerose costole dorsali e frammenti del cranio.[5] Le proporzioni corporee di questo esemplare sono state oggetto di discussione tra i paleontologi, poiché gli arti posteriori sono sproporzionatamente più corti nell'esemplare rispetto alle ricostruzioni precedenti. Tuttavia, è stato dimostrato da più paleontologi che il campione non è una chimera, ed è in effetti un esemplare di *Spinosaurus* che suggerisce che l'animale avesse arti posteriori molto più corti di quanto si pensasse;[5]
- **MSNM V6894**, esemplare scoperto nel 1999 in Marocco e rimasto per anni tra le collezioni del Museo di Storia Naturale di Milano fino alla sua descrizione nel 2018. L'esemplare è composto da una singola falange unguale di circa 21 millimetri. Questa falange rappresenta il più piccolo esemplare di *Spinosaurus* conosciuto. L'animale in vita doveva essere lungo 1,78 metri;[18]

Altri reperti sinora ritrovati consistono perlopiù di frammenti di ossa e denti:

- Materiale appartenente a questa specie è stato ritrovato in Kenya, nei Tirkana Grits[19].
- Una pubblicazione del 1986 parla di strutture prismatiche assunte dallo smalto di due denti di spinosauro di provenienza tunisina[20].
- Buffetaut descrisse fra il 1989 ed il 1992 tre reperti, comprendenti due parti della mascella e un dente, di proprietà del Museum für Geologie und Paläontologie dell'Università di Gottinga: *IMGP 969-1*, *IMGP 969-2*, *IMGP 969-3*[21][22].
- Kellner and Mader descrissero nel 1997 due denti di provenienza marocchina (*LINHM 001-002*), molto simili a quelli dell'olotipo[23]
- Alcuni denti provenienti dalla formazione tunisina di Chenini sono stati assegnati a *Spinosaurus* nel 2000[24].
- Nel 2007, altri denti provenienti dalla Formazione Echkar, nel Niger, sono stati attribuiti a questa specie, sebbene con qualche dubbio[25].
- Un dente parziale, lungo circa 8 cm, acquistato ad una fiera di fossili, e originario del Kem Kem marocchino è stato attribuito a *Spinosaurus maroccanus*, mostrando anche delle striature larghe circa 1–5 mm longitudinali e alcune micro-strutture (creste irregolari) tra le striature, in una carta del 2010;

Ricostruzione del cranio di *S. aegyptiacus*, in una collezione privata

- **MHNM.KK374 to.KK378**, sono cinque quadrati isolati (ossa del cranio) di diverse dimensioni, raccolte dalla gente del posto e acquistati commercialmente nella regione Kem Kem del Marocco sud-orientale, forniti da François Escuillié e depositati nelle raccolte del Muséum d'Histoire Naturelle di Marrakech. I quadrati mostrano due diverse morfologie che suggeriscono l'esistenza di due spinosaurini in Marocco.[26]

Possibili esemplari

Del possibile materiale appartenente a *Spinosaurus* è stato segnalato nel Turkana Grits, in Kenya.

Alcuni scienziati hanno preso in considerazione l'ipotesi che il genere *Sigilmassasaurus* sia un *sinonimo junior* di *Spinosaurus*. Nella descrizione di Ibrahim (2014), gli esemplari di *Sigilmassasaurus* sono stati usati nella sua ricostruzione di *Spinosaurus*, insieme all'esemplare "Spinosaurus B" come il nuovo neotipo, mentre *S. maroccanus* è stato considerato come un nomen dubium.[27]

Paleobiologia

Ontogenesi

Poiché non sono stati ancora scoperti esemplari giovani di *Spinosaurus*, l'ontogenesi di questo animale è tutt'ora un mistero. Tuttavia, la descrizione ad opera dei paleontologi italiani Simone Maganuco e Cristiano Dal Sasso (2018), di una falange ungueale, getta nuova luce sullo stadio giovane di questi animali. La falange ungueale lunga circa 21 millimetri e catalogata MSNM V6894, apparteneva ad un individuo giovane lungo circa 1,78 metri. La falange mostra una morfologia molto peculiare derivata da uno stile di vita semi-acquatico che caratterizzava questi animali. Le falangi, infatti, sono larghe e poco incurvate, il che consentiva all'animale di muoversi su terreni fangosi e nuotare. Prerogative che in questo animale dovevano esistere fin dalla nascita.[18]

Funzione delle spine neurali

Dettaglio dei processi spinosi nello scheletro di *Spinosaurus*, esposto al National Geographic Museum

La funzione della vela o gobba di *Spinosaurus* è tuttora incerta; le ipotesi più probabili comprendono il suo utilizzo per la termoregolazione, in breve per regolare la temperatura corporea dell'animale. Tuttavia le ipotesi più accreditate la vedrebbero come un semplice ornamento visivo usato per intimorire i rivali e altri predatori e per attrarre le femmine nella stagione riproduttiva.[13]

Ricostruzione museale

La struttura poteva essere utilizzata per la termoregolazione. Se la struttura fosse stata percorsa da numerosi vasi sanguigni, l'animale poteva usare la sua imponente struttura esponendola al sole assorbendo il calore. Altra teoria prevede che in caso di calore eccessivo la vela, esposta controvento, avrebbe rinfrescato l'animale durante l'eccessiva calura. Tuttavia ciò implicherebbe che l'animale fosse solo parzialmente endotermico, e che visse in un clima con temperature notturne basse e con giornate molto assolate. Tuttavia i grandi animali, a causa del loro basso rapporto tra la superficie del corpo e il volume totale del loro corpo (conosciuto come il principio di Haldane), hanno più difficoltà nel dissipare il calore superfluo in temperature alte che nel assorbirlo in temperature ridotte. Le vele dei dinosauri di taglia grossa incrementavano l'area di pelle sul corpo con minimo incremento di volume. In più, se la vela fosse rivolta dal sole, o posizionata a un angolo di 90 gradi verso una brezza fresca, l'animale non avrebbe problemi nel rinfrescarsi nel clima caldo dell'Africa Cretacica.[28] Nel 1997 però, Bailey sostenne che la vela avrebbe assorbito più calore di quanto ne dissipava. A base di questa ipotesi, propose che *Spinosaurus* e gli altri dinosauri forniti da processi spinosi lunghi, avessero delle gobbe per depositare il grasso, l'insolazione, e per proteggersi dal calore.[13]

Tuttavia nell'ultima interpretazione del paleontologo Nizar Ibrahim, del 2014, emerse che le spine neurali avevano una superficie liscia: era quindi improbabile che sostenessero una massa consistente di tessuti molli, come una gobba. In più presentavano poche tracce di canali in grado di ospitare vasi sanguigni, il che rende meno plausibile l'ipotesi che la "vela" servisse a regolare la temperatura corporea.[13]

Le strutture corporee elaborate di molti animali odierni tendono a essere usate per attrarre animali del sesso opposto durante l'accoppiamento. È possibile che la vela o la gobba di questi dinosauri furono usate per il corteggiamento, similmente a come il pavone maschio utilizza la coda. Stromer ipotizzò che i maschi e le femmine potessero essere distinti dalla lunghezza dei loro processi spinosi.[29]

Gimsa, nel 2015, suggerirono un'altra utilità ben più originale alla vela dello *Spinosaurus*, comparandola con le pinne dorsali dei moderni pesci vela e dandole uno scopo idrodinamico.[30] Gimsa e colleghi hanno notato che gli spinosauridi più basali come *Baryonyx* o *Suchomimus* avevano gambe più lunghe e vele dalla forma arrotondata o a mezzaluna, mentre la forma della vela di *Spinosaurus* aveva una forma vagamente rettangolare, simile a quella dei moderni pesci vela. Notando queste similitudini anatomiche, Gimsa e colleghi hanno ipotizzato un uso simile. Secondo la loro ricostruzione gli *Spinosaurus* cacciavano cooperando tra loro nell'acqua medio-alta dove usavano la lunga coda affusolata per stordire i pesci, o le prede in generale, come i moderni squali volpe, e nuotando in circolo avrebbero formato una sorta di "rete da pesca" contenitiva con le loro alte vele, da cui poi i vari esemplari potevano attaccare singolarmente i pesci intrappolati, grazie al loro lungo muso. La vela avrebbe inoltre aiutato l'animale ad essere più agile nell'ambiente acquatico. In particolare Gimsa hanno affermato che:

L'anatomia dello *Spinosaurus* mostra un'altra analogia con un animale moderno: la sua lunga coda simile a quella dello squalo volpe sarebbe stata l'ideale per sferzare e stordire i banchi di pesci (Oliver, 2013) di cui si cibava. La strategia di caccia usata dai pesci vela e dagli squali volpe funziona quando gli esemplari collaborando tra loro riescono a radunare in pesci in un unico punto formando una sorta di bolla (Helfman, Collette e Facey, 1997; Oliver, 2013; Domenici, 2014). Dal momento che ciò è impossibile per un solo predatore, più esemplari collaborano nella caccia. Quando il banco di pesci è immobilizzato, il pesce vela alza la sua vela e si butta nel banco di pesci usando il lungo rostro per distaccare singoli esemplari dal banco e mangiarlo (Lauder & Drucker, 2004). Domenici (2014) nota che la vela del pesce vela aiuta la sua idrodinamicità e la sua agilità in acqua: la vela formerebbe una forza apposta che ridurrebbe la rotazione di imbardata contrastando la forza laterale nella direzione opposta alla barra. Ciò significa che la preda non riconosce la vela come parte del predatore mentre questo si avvicina (Marras, 2015; Webb & Weihs, 2015). Filmati disponibili online dimostra in modo convincente le strategie di caccia degli squali volpe e dei pesci vela. È interessante notare come anche lo *Spinosaurus* sia provvisto di tali adattamenti anatomici adatti a questo tipo di caccia: una vela alta e allungata per intrappolare la preda, una coda flessibile per sferzare e stordire la preda e un lungo muso per separare e attaccare la preda. La vela dorsale sommersa avrebbe, inoltre, fornito una forte controspinta ai movimenti dati dal collo e dalla coda durante il nuoto, in modo analogo ai moderni pesci vela (Domenici, 2014) o agli squali volpe (Oliver, 2013). Formando un fulcro idrodinamico e stabilizzando il tronco lungo l'asse dorsoventrale, la vela dello *Spinosaurus* avrebbe anche compensato l'inerzia del collo nei movimenti laterali della coda e viceversa non solo per la predazione, ma anche per il nuoto accelerato. Questo comportamento potrebbe anche spiegare il torace allungato e muscoloso di *Spinosaurus* del suo lungo collo, riportato da Ibrahim.[30]

Infine, è del tutto possibile che la vela dell'animale combinasse tutte queste funzioni, venendo usata come strumento di termoregolazione, o come strumento per intimidire i rivali o altri predatori o ancora come strumento per attrarre le femmine durante la stagione degli amori. In questo caso si deve vedere la vela dello *Spinosaurus* come una struttura elaborata e vivacemente colorata.[13]

Un'altra ipotesi all'allungamento delle spine neurali di *Spinosaurus*, formulata da Andrea Cau, ne conferirebbero un'utilità più interna: *Spinosaurus* differisce dagli altri megalosauroidi, inclusi i barionichini, nell'allungamento della parte pre-sacrale del corpo, ma probabilmente è comparabile agli altri taxa nelle dimensioni generali dell'arto posteriore.[31]

Perciò, secondo il paleontologo italiano, un animale "allungato" che deve mantenere la testa sospesa ha bisogno di tendere i suoi legamenti in un punto alto come appunto le spine neurali. Questa interpretazione quindi indica che le spine neurali di *Spinosaurus* non siano solo un mezzo display sessuale (tale funzione può essere secondaria), ma una necessaria conseguenza biomeccanica delle sue inusuali proporzioni corporee. Le spine neurali elevate di *Spinosaurus* si sono evolute come ancoraggio dei legamenti epiassiali necessari per bilanciare una leva corporea sbilanciata in avanti. Dettaglio non marginale, questo modello implica che tutte le forze peso di *Spinosaurus* si applichino sull'arto posteriore, quindi che esso sia bipede.[32]

Dieta

È ormai un dato di fatto che lo *Spinosaurus* sia un predatore semi-acquatico che si cibava principalmente di pesci e di altri animali acquatici. Le sue caratteristiche insolite come le mascelle allungate, i denti conici e le narici arretrate mostrano un animale equipaggiato alla vita acquatica e alla predazione di fauna ittica. L'ipotesi di *Spinosaurus* come mangiatori di pesce specializzato fu suggerita per la prima volta da AJ Charig e AC Milner per l'imparentato *Baryonyx*, basandosi sulla somiglianza anatomica delle fauci con quelle dei coccodrilli e alla presenza di squame di pesce semi-digerite all'interno del torace dell'olotipo.[33] Inoltre, praticamente tutti gli spinosauridi sono stati ritrovati in quelli che un tempo erano luoghi paludosi o costieri o che comunque ospitavano una grande fauna ittica, come il grande pesce *Mawsonia*; habitat simili erano presenti nel Cretaceo medio del nord Africa e del Brasile. Prove dirette sulla dieta degli spinosauridi sono state rinvenute in Europa e in Sudamerica; l'olotipo di *Baryonyx*, oltre a scaglie di pesce semi-digerite, presentava nella sua cassa toracica

Ricostruzione del cranio e del collo di *S. aegyptiacus*

anche le ossa di un giovane *Iguanodon*, mentre un dente spinosauride è stato scoperto conficcato nel collo di uno pterosauro sudamericano.[34] Gregory S. Paul propose che *Spinosaurus* fosse un predatore generalista e opportunista, l'equivalente Cretacico di un orso grizzly, un animale che si ciba soprattutto di pesce, ma che non disdegna di consumare carcasse o prede di taglia piccola e media.[8] Questa ipotesi fu sostenuta da una serie di dati biomeccanici rinvenuti nel 2013, che dimostravano che *Spinosaurus* non fosse un piscivoro obbligato, e che la sua dieta dipendeva soprattutto sulla grandezza dell'animale individuale. La morfologia rostrale di *Spinosaurus* lo permetteva di resistere torsioni verticali, ma le sue mascelle erano poco adatte per le torsioni laterali.[15]

Un'ulteriore prova del comportamento piscivoro dello *Spinosaurus* è data dal ritrovamento del 1975, quando fu ritrovata una mascella fossile di *Spinosaurus*; incastrata all'interno era conservata una vertebra, probabilmente appartenente al gigantesco pesce sega *Onchopristis*. Anche se la vertebra si fu depositata dopo la morte del dinosauro, il fossile indica che il dinosauro e il pesce vivevano probabilmente nello stesso ambiente. Vi è quindi la possibilità che lo *Spinosaurus* predasse gli *Onchopristis* e altri grandi pesci della zona.

Dente di *S. aegyptiacus*, dal Marocco

Una tomografia computerizzata sul muso di *Spinosaurus*, eseguita da Dal Sasso, ha rivelato la presenza di forami che potrebbero rappresentare dei meccanorecettori. In vita, avrebbero permesso all'animale di tenere il muso sulla superficie dell'acqua per localizzare i pesci senza vederli, in modo analogo a quello dei moderni coccodrilli che presentano una struttura simile, ma meno complessa.[35]

Nel 2010, un'analisi isotopica, condotta da Romain Amiot e colleghi, ha scoperto che gli isotopi di ossigeno ritrovati nei denti di vari spinosauridi, compresi i denti di *Spinosaurus*, indicano uno stile di vita semi acquatico.[36] Il rapporto isotopico tra lo smalto dei denti e le altre parti dello *Spinosaurus* (ritrovati in Marocco e in Tunisia) e quello di altri grandi dinosauri predatori della stessa zona, come il *Carcharodontosaurus*, sono stati confrontati con le composizioni isotopiche di teropodi odierni, tartarughe e coccodrilli.[36] Lo studio ha dimostrato che dei cinque denti di *Spinosaurus* tutti e cinque possedevano livelli d'isotopi più vicini a quello di tartarughe e coccodrilli, rispetto agli altri denti di teropodi dalle stesse località.[36] Gli autori hanno quindi ipotizzato che lo *Spinosaurus* prediligesse habitat terrestri o acquatici in base alla concorrenza per il cibo con altri teropodi giganti o con i grandi coccodrilli presenti nel suo habitat.[36]

Postura

Regione dell'anca nelle vecchie ricostruzioni

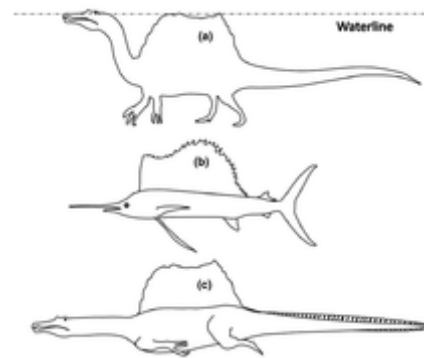
Benché tradizionalmente raffigurato come un bipede, è stato suggerito sin dagli anni settanta che *Spinosaurus* fosse almeno un quadrupede occasionale.[7] Questa ipotesi è appoggiata dalla scoperta dell'imparentato *Baryonyx*, che possedeva arti anteriori robusti.[37] Se l'ipotesi della gobba è valida, una postura quadrupede diventa sempre più probabile.[13] L'idea che l'animale camminasse in uno stile quadrupede classico è stata smentita, ma è pur sempre possibile che gli spinosauridi si accovacciassero su tutti e quattro gli arti.[33]

Gli spinosauridi, come tutti i teropodi, non potevano manovrare le mani in una posizione prona,[38] ma è possibile che potessero sostenere il loro peso corporeo con i lati esterni delle mani.[39] Degli scienziati forniti di nuovi resti di *Spinosaurus* proposero nel 2014 che gli arti posteriori fossero troppo tozzi per navigare efficacemente sulla terraferma. La ricostruzione utilizzata in questo studio fu basato su vari individui di taglie diverse, ridimensionati a ciò che si supponeva fossero le proporzioni giuste.[40] Alcuni paleontologi hanno espresso scetticismo alla nuova ricostruzione, avvertendo che l'utilizzo di più di un esemplare per fare un restauro anatomico può risultare nella creazione di chimere erronee.[41] Altri sostengono che gli arti posteriori furono ridotti eccessivamente, e che non corrispondono alle lunghezze pubblicate nello studio.[42] Nonostante queste critiche, la nuova ricostruzione è stata accettata dalla maggior parte di paleontologi[43] Tuttavia nel 2015, una ri-descrizione del genere *Sigilmassasaurus*, da parte di Evers, ha messo in dubbio parte del materiale assegnato a *Spinosaurus* da Ibrahim *et. al.* affermando che alcuni esemplari usati nella ricostruzione di Ibrahim appartengano in realtà a *Sigilmassasaurus*.

Regione dell'anca nelle nuove ricostruzioni

L'ipotesi della locomozione quadrupede proposta da Ibrahim è stata contesta da molti paleontologi a causa della mancanza di prove fossili e dell'impossibilità di *Spinosaurus* di sostenere il suo peso sulle dita. Alcuni paleontologi, tra cui Andrea Cau, hanno informalmente proposto delle alternative alla locomozione quadrupede: una di queste vede lo *Spinosaurus* come un bipede, in grado di sorreggersi sulle sue corte zampe, ma anziché tenere il collo disteso come la maggior parte dei teropodi, l'animale avrebbe avrebbe tenuto il collo in posizione ad S perennemente sollevato con il muso rivolto verso il basso e il petto e le braccia in avanti.[31] Ciò permetterebbe allo *Spinosaurus* di mantenere una postura bipede mantenendo il baricentro del peso sul bacino, bilanciandosi con la lunga coda.[31]

Locomozione

Mentre sulla terraferma, lo *Spinosaurus* doveva avere un'aria impacciata e lenta a causa dei corti arti posteriori, la sua locomozione acquatica è oggetto di dibattito. Per molti lo *Spinosaurus* si muoveva nell'acqua ondeggiando lateralmente la coda e pagaiando con le tozze zampe palmate, come le moderne anatre e coccodrilli. Tuttavia, una nuova ipotesi suggerisce lo *Spinosaurus* non nuotasse affatto, ma in realtà "camminasse" o "saltellasse" sul fondale. Tale ipotesi è stata formulata dalla densità delle ossa dell'animale che si presentano più dense e pesanti di quelle di altri teropodi, che quindi lo aiutavano a stare sott'acqua, camminando sul fondale come i moderni ippopotami, tapiri e rinoceronti indiani. In particolare, lo *Spinosaurus* mostra molti altri tratti in comune con gli ippopotami, come le dita dei piedi parzialmente palmati, unghie piatte e un corpo a forma di botte, che sono caratteristiche che solitamente si attribuiscono gli animali che utilizzano questo tipo di locomozione.[45]

Ipotetica postura di nuoto[44]

Un altro tipo di locomozione, questa volta terrestre è stato ipotizzato da Andrea Cau. Secondo il paleontologo italiano per spostarsi efficacemente sulla terraferma, lo *Spinosaurus* non camminava affatto ma manteneva un'andatura strisciante simile a quella delle foche.[31] Secondo un ragionamento di D. Naish, un animale a postura orizzontale obbligatoriamente a contatto con il substrato, corti arti posteriori capaci comunque di generare una marcata spinta locomotoria, in quanto il quarto trocantere del femore è enorme, sia in acqua sia su un substrato fangoso, possa essere la soluzione per il moto di un animale dotato di arti posteriori ridotti. Inoltre, la forma della gabbia toracica di *Spinosaurus*, suggerisce un'ampia superficie ventrale del torace, ideale per massimizzare la distribuzione del peso corporeo sul substrato fangoso. Tale postura ha il vantaggio di non coinvolgere gli arti anteriori che fungerebbero solamente da stabilizzatori laterali.[31]

A fine aprile 2020 un articolo pubblicato su nature [46] suggerisce che lo spinosauro, almeno per quanto riguarda la specie Spinosaurus aegyptiacus, avesse una struttura propulsiva acquatica costituita da una coda che presentava delle spine neurali molto alte e chevron particolarmente lunghi adatti ad una vita semiacquatica; le prestazioni, per quanto riguarda il nuoto, di questa particolare coda erano migliori di quelle degli altri dinosauri terrestri e sono paragonabili a quelle di alcuni vertebrati acquatici odierni. Anche se in misura minore, gli adattamenti acquatici si trovano anche in altri membri del clade spinosaurus e potrebbero indicare una sostanziale invasione degli ambienti acquatici da parte di questi dinosauri nel corso dei loro 50 milioni di anni dati dal loro intervallo statigrafico. Ricostruzione aggiornata di Spinosaurus (opera di Marco Auditore) (https://1.bp.blogspot.com/-QvDXo7_IWpg/XqPUgZA8NcI/AAAAAAAAI2Q/AbWydpl09506I8kG72uX7v831fPY9trVACLcBGAsYHQ/s1600/spinosaurus%2Btail%2B2020.jpg)

Paleoecologia

Ricostruzione in scala di *Spinosaurus aegyptiacus* e di altre specie di animali acquatici suoi contemporanei: 1. *Apertotemporalis baharijensis,* 2. *Lepidotes sp.,* 3. *Bawitius bartheli,* 4. *Polycotylidae incertae sedis,* 5. *Mawsonia libyca,* 6. *Neoceratodus africanus*, 7. *Retodus tuberculatus,* 8. *Paranogmius doederleini,* 9. *Onchopristis numidus,* 10. *Spinosaurus aegyptiacus,* 11. *Schizorhiza stromeri,* 12. *Squalicorax baharijensis,* 13. *Cretolamna appendiculata,* 14. *Asteracanthus aegypticus.* Lo *spinosaurus* deve essere stato un elemento importante nella catena alimentare del suo ambiente acquatico.

L'ambiente abitato da *Spinosaurus* è solo parzialmente compreso, e copre grande parte di quello che è oggi il Nordafrica. *Spinosaurus* visse nel Cenomaniano africano, circa 112-97 milioni di anni fa. Uno studio del 1996 ha concluso dai fossili marocchini che *Spinosaurus*, *Carcharodontosaurus* e *Deltadromeus*, condivisero lo stesso habitat per tutta la durata del Cenomaniano. Gli *Spinosaurus* che vivevano nell'odierna Formazione Bahariya, in quello che è oggi l'Egitto, vivevano in un ambiente costiero-fluviale con condizioni di bassa marea e canali, rigogliosamente coperti da foreste di mangrovie, condividendo l'habitat con altri teropodi giganti come *Bahariasaurus* e *Carcharodontosaurus*, i titanosauri *Paralititan* e *Aegyptosaurus*, e una fauna acquatica incredibilmente diversificata che comprendeva: alcuni crocodilomorfi come *Aegyptosuchus*, *Libycosuchus* e *Stomatosuchus*, numerosissimi pesci come l'ittiodectiforme *Cladocyclus*, il semionotiforme *Lepidotes pankowskii*, il tselfatiiforme *Paranogmius doederleini*, il dipno *Ceratodus*, gli sclerorhynchidi *Onchopristis* e *Schizorhiza*, il celacantiforme *Mawsonia lavocati*, squali come il Lamniformes *Cretolamna maroccana* e l'ibodontiforme *Asteracanthus aegyptiacus*, tartarughe come *Apertotemporalis baharijensis*, lucertole, serpenti come *Simoliophis* e plesiosauri come *Leptocleidus capensis* e un possibile policotilide. Durante la stagione secca è possibile che lo *Spinosaurus* si cibasse anche di pterosauri come *Alanqa*, *Xericeps* e *Siroccopteryx*. Gli esemplari che vivevano nel Kem Kem marocchino avevano a disposizione una fauna ittica e acquatica molto simile e condividevano il territorio con molti dinosauri teropodi carnivori come *Carcharodontosaurus*, *Deltadromeus*, *Sauroniops*, *Sigilmassasaurus* e un abelisauride senza nome. Tale situazione assomiglia a quella del tardo Giurassico della Formazione Morrison in Nord America, che vantava fino a cinque teropodi giganti più altri più piccoli (Henderson, 1998; Holtz. Et al, 2004). Tuttavia la sostanziale differenza tra i crani dei carnivori del Kem Kem, consentivano ai vari carnivori di occupare nicchie ecologiche diverse e nutrirsi di prede differenti, un po' come succede oggi nelle savane africane (Farlow e Pianka, 2002).

Fin dalla scoperta della Formazione Bahariya fino ai depositi del Kem Kem Beds, si pose quello che gli scienziati chiamano l'"enigma di Stromer", perché lo studioso austriaco era stato il primo a notarlo. In quasi tutti gli ecosistemi antichi e moderni, gli erbivori sono sempre più numerosi dei carnivori; ma le documentazioni fossili (dagli scavi di Stromer in Egitto a quelli del Kem Kem, in Marocco) mostrano che nel Nordafrica accadeva l'esatto contrario. La regione era abitata da quattro enormi carnivori ognuno dei quali altrove sarebbe stato l'unico superpredatore: il veloce *Bahariasaurus*, *Carcharodontosaurus*, *Sigilmassasaurus* e appunto *Spinosaurus*. Lo stesso Stromer ipotizzava che dovessero esistere grandi erbivori, ma a parte alcuni

L'habitat dello *Spinosaurus* comprendeva, vaste foreste tropicali e grandi mangrovie, in un ambiente molto simile a quello della moderna Gambia e del Niger.

sauropodi titanosauri, non vene era traccia. Tuttavia i nuovi resti rinvenuti da Nizar Ibrahim, hanno risolto in parte questo mistero: il fatto che *Spinosaurus* fosse così ben adatto al nuoto e all'ambiente acquatico e la presenza di una fauna ittica così vasta, avrebbe permesso a *Spinosaurus* (e forse anche a *Sigilmassasaurus*) di cibarsi non entrando in competizione con gli altri dinosauri carnivori, provvedendo a bilanciare la catena alimentare anche in assenza di erbivori terrestri.

Nella cultura di massa

La ricostruzione di *Spinosaurus* effettuata nel 2009 dal gruppo GeoModel di Mauro Scaggiante, che incorpora molte delle caratteristiche poi pubblicate nel 2014, esposta nei Giardini Pubblici Indro Montanelli, a Milano

Nonostante la sua massa imponente superiore a qualsiasi altro dinosauro teropode ed il suo aspetto bizzarro e maestoso, lo *Spinosaurus* è un dinosauro rimasto pressoché poco conosciuto a molti a causa della distruzione del suo olotipo, è tornato sotto la luce dei riflettori solo recentemente, dopo che nel 2014 nuovi resti fossili sono stati ritrovati ed è stato possibile ricostruire l'animale per intero.

La prima apparizione ufficiale dello *Spinosaurus* sul grande schermo fu nel 2001, con *Jurassic Park III*, come sostituto di *Tyrannosaurus* nel ruolo di antagonista principale. Il consulente paleontologico del film John R. Horner ha affermato che: "Se la ferocia dell'animale fosse proporzionale alla sua lunghezza, allora *Spinosaurus* sarebbe stato il più grande e pericoloso dinosauro mai vissuto sul nostro pianeta. La mia ipotesi è che il *T. rex* fosse in realtà principalmente un animale spazzino, mentre *Spinosaurus* era veramente un predatore attivo" inoltre, riguardo alla scelta di preferire lo *Spinosaurus* al *Tyrannosaurus*, Horner spiega che: "il *T. rex* ha avuto il suo momento di gloria ed è l'ora che si faccia da parte per far spazio ad un carnivoro più meritevole".[47]

Nel film, tuttavia, *Spinosaurus* presenta degli errori anatomici a causa della scarsa conoscenza di allora sul dinosauro: il muso è stato ricreato sulla base del muso di un *Baryonyx* e la vela è piccola e a forma di mezzaluna. Nel film, come nella realtà, l'animale è più grande del *T. rex* ed in una scena del film i due carnivori si scontrano e *Spinosaurus* ne esce vincitore, spezzando il collo al *Tyrannosaurus*. Nel film del 2015 *Jurassic World*, vi è un cenno a questa lotta, infatti verso la fine del film il *Tyrannosaurus* protagonista entra in scena distruggendo uno scheletro di *Spinosaurus*. Questo fatto potrebbe essere una ripicca per i fan del *T. rex* che si erano lamentati della sconfitta di quest'ultimo nel terzo film. Lo Spinosaurus appare anche nel trailer del videogioco Primal Carnage, dove similmente a Jurassic Park III, combatterà contro un *T. rex*, venendo però ucciso dal Tyrannosaurus con un potente morso al collo. Dopo il suo debutto in *Jurassic Park III*, lo *Spinosaurus* è apparso anche nel documentario del 2009 *Mega Beast*, dove viene esageratamente elogiato come il superpredatore del suo habitat, e nel più recente documentario del 2011 BBC *Planet Dinosaur* dove viene finalmente mostrato correttamente e come un predatore piscivoro. È inoltre protagonista assoluto del documentario del 2014, della National Geographic *Bigger than T. rex* dove viene narrata tutta a storia del ritrovamento di Nizar Ibrahim e le nuove scoperte riguardo *Spinosaurus*.

Oltre ai film, i giocattoli e i libri, lo *Spinosaurus* è stato raffigurato su francobolli in Angola, Gambia e Tanzania.[48][49]

Nel manga One Piece il personaggio Page One (https://onepiece.fandom.com/it/wiki/Page_One) riesce a trasformarsi in uno spinosauro, grazie ai poteri del suo frutto del diavolo.

Note

1. ^ Russell, D. A, *Isolated dinosaur bones from the middle Cretaceous of the Tafilalt, Morocco*, in *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris*, Série 4, n. 18, 1996, pp. 349–402.
2. S. W. Evers, O. W. M. Rauhut, A. C. Milner, B. McFeeters e R. Allain, *A reappraisal of the morphology and systematic position of the theropod dinosaur Sigilmassasaurus from the "middle" Cretaceous of Morocco*, in *PeerJ*, vol. 3, 2015, pp. e1323, DOI:10.7717/peerj.1323, PMC 4614847, PMID 26500829.
3. ^ Dal Sasso, C., S. Maganuco, E. Buffetaut and M. A. Mendez, *New information on the skull of the enigmatic theropod Spinosaurus, with remarks on its sizes and affinities* (PDF), in *Journal of Vertebrate Paleontology*, vol. 25, n. 4, 2005, pp. 888-896. URL consultato il 13 ottobre 2010 (archiviato dall'url originale il 29 aprile 2011).
4. ^ Therrien, F., Henderson, D.M., [108:MTIBTY2.0.CO;2 *My theropod is bigger than yours...or not: estimating body size from skull length in theropods*], in *Journal of Vertebrate Paleontology*, vol. 27, n. 1, 2007, pp. 108-115, DOI:10.1671/0272-4634(2007)27[108:MTIBTY]2.0.CO;2.
5. Nizar Ibrahim, Paul C. Sereno, Cristiano Dal Sasso, Simone Maganuco, Matteo Fabri, David M. Martill, Samir Zouhri, Nathan Myhrvold e Dawid A. Lurino, *Semiaquatic adaptations in a giant predatory dinosaur*, in *Science*, vol. 345, n. 6204, 2014, pp. 1613–6, DOI:10.1126/science.1258750, PMID 25213375. Supplementary Information (https://www.sciencemag.org/content/suppl/2014/09/10/science.1258750.DC1/Ibrahim.SM.pdf)
6. ^ F.R. von Huene, *The carnivorous saurischia in the Jura and Cretaceous formations principally in Europe*, in *Rev. Mus. La Plata*, vol. 29, 1926, pp. 35–167.
7. D.F. Glut, *The New Dinosaur Dictionary*, Secaucus, NJ, Citadel Press, 1982, pp. 226–228, ISBN 0-8065-0782-9.
8. G.S. Paul, *Family Spinosauridae*, in *Predatory Dinosaurs of the World*, New York, Simon & Schuster, 1988, pp. 271–274, ISBN 0-671-61946-2.
9. Dal Sasso, C., S. Maganuco, E. Buffetaut and M. A. Mendez, *New information on the skull of the enigmatic theropod Spinosaurus, with remarks on its sizes and affinities* (PDF), in *Journal of Vertebrate Paleontology*, vol. 25, n. 4, 2005, pp. 888-896. URL consultato il 13 ottobre 2010 (archiviato dall'url originale il 29 aprile 2011).
10. Therrien, F., Henderson, D.M., [108:MTIBTY2.0.CO;2 *My theropod is bigger than yours...or not: estimating body size from skull length in theropods*], in *Journal of Vertebrate Paleontology*, vol. 27, n. 1, 2007, pp. 108-115, DOI:10.1671/0272-4634(2007)27[108:MTIBTY]2.0.CO;2.
11. ^ M. Mortimer, *Comments on Therrien and Henderson's new paper*, Dinosaur Mailing List, 25 marzo 2007. URL consultato il 22 settembre 2010.
12. ^ J.D. Harris, *Re: Comments on Therrien and Henderson's new paper*, Dinosaur Mailing List, 26 marzo 2007. URL consultato il 22 settembre 2010.
13. J.B. Bailey, *Neural spine elongation in dinosaurs: sailbacks or buffalo-backs?*, in *Journal of Paleontology*, vol. 71, n. 6, 1997, pp. 1124–1146, JSTOR 1306608.
14. C. Dal Sasso, Maganuco, S., Buffetaut, E. e Mendez, M.A., *New information on the skull of the enigmatic theropod Spinosaurus, with remarks on its sizes and affinities* (PDF), in *Journal of Vertebrate Paleontology*, vol. 25, n. 4, 2005, pp. 888–896, DOI:10.1671/0272-4634(2005)025[0888:NIOTSO]2.0.CO;2, ISSN 0272-4634 (archiviato dall'url originale il 29 aprile 2011).
15. A. R. Cuff e E. J. Rayfield, *Feeding Mechanics in Spinosaurid Theropods and Extant Crocodilians*, in Andrew A Farke (a cura di), *PLoS ONE*, vol. 8, n. 5, 2013, pp. e65295, DOI:10.1371/journal.pone.0065295, PMC 3665537, PMID 23724135.
16. T.M.S. Arden, C.G. Klein, S. Zouhri e N.R. Longrich, *Aquatic adaptation in the skull of carnivorous dinosaurs (Theropoda: Spinosauridae) and the evolution of aquatic habits in Spinosaurus*, in *Cretaceous Research*, In Press, 2018, DOI:10.1016/j.cretres.2018.06.013.

17. ^ P. Taquet e D.A. and Russell, *New data on spinosaurid dinosaurs from the Early Cretaceous of the Sahara* (PDF), in *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series IIA - Earth & Planetary Sciences*, vol. 327, 1998, pp. 347−353, Bibcode:1998CRASE.327..347T, DOI:10.1016/S1251-8050(98)80054-2. URL consultato il 22 settembre 2010.
18. https://rivistanatura.com/scoperto-baby-spinosauro/
19. ^ Weishampel, D.B.; Barrett, P.M.; Coria, R.A.; Le Loeuff, J.; Xu, X.; Zhao, X.; Sahni, A.; Gomani, E.M.P.; and Noto, C.R., *Dinosaur distribution*, in Weishampel, D.B.; Dodson, P.; and Osmólska, H. (eds.) (a cura di), *The Dinosauria*, 2nd, Berkeley, University of California Press, 2004, pp. 517–606, ISBN 978-0-520-25408-4.
20. ^ E. Buffetaut, Y. Dauphin, J.-J. Jaeger, M. Martin, J.-M. Mazin e H. and Tong, *Prismatic dental enamel in theropod dinosaurs*, in *Naturwissenschaften*, vol. 73, 1986, pp. 326−327, Bibcode:1986NW.....73..326B, DOI:10.1007/BF00451481, PMID 3748191.
21. ^ E. Buffetaut, *New remains of the enigmatic dinosaur Spinosaurus from the Cretaceous of Morocco and the affinities between Spinosaurus and Baryonyx*, in *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, n. 2, 1989, pp. 79–87.
22. ^ E. Buffetaut, *Remarks on the Cretaceous theropod dinosaurs Spinosaurus and Baryonyx*, in *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, n. 2, 1992, pp. 88–96.
23. ^ A.W.A. Kellner e B.J. and Mader, *Archosaur teeth from the Cretaceous of Morocco*, in *Journal of Paleontology*, vol. 71, n. 3, 1997, pp. 525−527.
24. ^ M.J. Benton, S. Bouaziz, E. Buffetaut, D. Martill, M. Ouaja, M. Soussi e C. and Trueman, *Dinosaurs and other fossil vertebrates from fluvial deposits in the Lower Cretaceous of southern Tunisia*, in *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 157, 2000, pp. 227−246, DOI:10.1016/S0031-0182(99)00167-4.
25. ^ S. L. Brusatte e P. C. and Sereno, [902:ANSOCD2.0.CO;2 *A new species of Carcharodontosaurus (Dinosauria: Theropoda) from the Cenomanian of Niger and a revision of the genus*], in *Journal of Vertebrate Paleontology*, vol. 27, 2007, pp. 902−916, DOI:10.1671/0272-4634(2007)27[902:ANSOCD]2.0.CO;2.
26. ^ Christophe Hendrickx, Octávio Mateus and Eric Buffetaut, *Morphofunctional Analysis of the Quadrate of Spinosauridae (Dinosauria: Theropoda) and the Presence of Spinosaurus and a Second Spinosaurine Taxon in the Cenomanian of North Africa*, in *PLoS ONE*, vol. 11, n. 1, 2016, pp. e0144695, DOI:10.1371/journal.pone.0144695.
27. ^ In una ri-descrizione del 2015, il *Sigilmassasaurus* viene invece considerato una specie a se stante con *S. maroccanus* come sinonimo junior.
28. ^ L.B. Halstead, *The Evolution and Ecology of the Dinosaurs*, London, Eurobook Limited, 1975, pp. 1–116, ISBN 0-85654-018-8.
29. ^ (DE) E. Stromer, *Ergebnisse der Forschungsreisen Prof. E. Stromers in den Wüsten Ägyptens. II. Wirbeltier-Reste der Baharije-Stufe (unterstes Cenoman). 3. Das Original des Theropoden Spinosaurus aegyptiacus nov. gen., nov. spec*, in *Abhandlungen der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-physikalische Klasse*, vol. 28, n. 3, 1915, pp. 1–32.
30. https://plus.google.com/108265725444971025777/posts/5Knzv596NX7
31. https://theropoda.blogspot.it/2016/08/spinosaurus-gambe-corte-o-torace-lungo.html
32. ^ https://theropoda.blogspot.it/2016/08/il-canyon-la-carrucola-e-lo-spinosauro.html
33. A.J. Charig e Milner, A.C., *Baryonyx walkeri, a fish-eating dinosaur from the Wealden of Surrey*, in *Bulletin of the Natural History Museum, Geology Series*, vol. 53, 1997, pp. 11–70.
34. ^ E. Buffetaut, Martill, D. e Escuillié, F., *Pterosaurs as part of a spinosaur diet*, in *Nature*, vol. 430, n. 6995, 2004, p. 33, Bibcode:2004Natur.429...33B, DOI:10.1038/430033a, PMID 15229562.

35. ^ C. Dal Sasso, Maganuco, S. e Cioffi, A., *A neurovascular cavity within the snout of the predatory dinosaur Spinosaurus* (PDF), su *1st International Congress on North African Vertebrate Palaeontology*, Muséum national d'Histoire naturelle, 26 maggio 2009. URL consultato il 22 settembre 2010 (archiviato dall'url originale il 21 luglio 2011).
36. R. Amiot, Buffetaut, E.; Lécuyer, C.; Wang, X.; Boudad, L.; Ding, Z.; Fourel, F.; Hutt, S.; Martineau, F.; Medeiros, A.; Mo, J.; Simon, L.; Suteethorn, V.; Sweetman, S.; Tong, H.; Zhang, F.; and Zhou, Z., *Oxygen isotope evidence for semi-aquatic habits among spinosaurid theropods*, in *Geology*, vol. 38, n. 2, 2010, pp. 139–142, DOI:10.1130/G30402.1.
37. ^ D.F. Glut, *Spinosaurus*, in *Dinosaurs: The Encyclopedia. 1st Supplement*, Jefferson, North Carolina, McFarland & Company, Inc, 2000, pp. 329–333, ISBN 0-7864-0591-0.
38. ^ K. Carpenter, *Forelimb biomechanics of nonavian theropod dinosaurs in predation*, in *Senckenbergiana Lethaea*, vol. 82, n. 1, 2002, pp. 59–76, DOI:10.1007/BF03043773.
39. ^ A.R.C. Milner, Harris, J.D., Lockley, M.G., Kirkland, J.I. e Matthews, N.A., *Bird-like anatomy, posture, and behavior revealed by an Early Jurassic theropod dinosaur resting trace*, in Henry Harpending (a cura di), *PLoS ONE*, vol. 4, n. 3, 2009, p. e4591, Bibcode:2009PLoSO...4.4591M, DOI:10.1371/journal.pone.0004591, PMC 2645690, PMID 19259260.
40. ^ N. Ibrahim, P. C. Sereno, C. Dal Sasso, S. Maganuco, M. Fabbri, D. M. Martill, S. Zouhri, N. Myhrvold e D. A. Iurino, *Semiaquatic adaptations in a giant predatory dinosaur*, in *Science*, vol. 345, n. 6204, 2014, pp. 1613–1616, DOI:10.1126/science.1258750, PMID 25213375.
41. ^ A. Witze, *Swimming dinosaur found in Morocco*, in *Nature*, 2014, DOI:10.1038/nature.2014.15901.
42. ^ Scott Hartman, *There's something fishy about Spinosaurus*, su *skeletaldrawing.com*, 12 settembre 2014. URL consultato il 20 settembre 2014.
43. ^ Mark Witton, *The Spinosaurus hindlimb controversy: a detailed response from the authors*, su *markwitton-com.blogspot.de*, 22 settembre 2014. URL consultato il 22 settembre 2014.
44. ^ Gimsa et al. The riddle of Spinosaurus aegyptiacus' dorsal sail, Geol. Mag. 153 (3), 2016, pp. 544–547
45. ^ https://antediluviansalad.blogspot.it/2016/03/spinosaurus-unauthorized-iii-run-spino.html
46. ^ https://www.nature.com/articles/s41586-020-2190-3?fbclid=IwAR0L5RZ3PkBLnFvJAd5qAIYpspLa9x9JNpg52VILAcU3iJynnkZZVjLgOTE
47. ^ Portman, J., *Spinosaurus makes T. Rex look like a pussycat: When it comes to Jurassic Park III, size does matter*, in *Ottawa Citizen*, 11 luglio 2001.
48. ^ Khatri, V.S., *From the past*, in *The Hindu*, 9 giugno 2006. URL consultato il 12 settembre 2010.
49. ^ D.F. Glut e M.K. and Brett-Surman, *Dinosaurs and the media* (PDF), in J.O. Farlow e R.H and Walters (a cura di), *The Complete Dinosaur*, Bloomington, IN, Indiana University Press, 2000, pp. 673–706, ISBN 0-253-21313-4. URL consultato il 12 settembre 2010.

Altri progetti

- Wikimedia Commons (https://commons.wikimedia.org/wiki/?uselang=it) contiene immagini o altri file su **Spinosaurus (https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Spinosaurus?uselang=it)**
- Wikispecies (https://species.wikimedia.org/wiki/?uselang=it) contiene informazioni su **Spinosaurus (https://species.wikimedia.org/wiki/Spinosaurus?uselang=it)**

Collegamenti esterni

- Taquet, P., D. A. Russell, *New data on spinosaurid dinosaurs from the Early Cretaceous of the Sahara* (PDF), in *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Sciences de la Terre et*

des Planètes, vol. 327, 1998, pp. 347–353. URL consultato il 14 ottobre 2010.

- Eric Buffetaut, Mohamed Ouaja, *A new specimen of Spinosaurus (Dinosauria, Theropoda) from the Lower Cretaceous of Tunisia, with remarks on the evolutionary history of the Spinosauridae*, in *Bulletin de la Societe Geologique de France*, vol. 173, n. 5, 2002, pp. 415-421, DOI:10.2113/173.5.415.
- Smith, Joshua B., et al.,, *New information regarding the holotype of Spinosaurus aegyptiacus Stromer, 1915*, in *Journal of Paleontology*, marzo 2006.
- Rauhut, O.W.M., *The interrelationships and evolution of basal theropod dinosaurs*, in *Special Papers in Palaeontology*, vol. 69, 2003, pp. 1-213.
- Palmieri, Parotto, *Il globo terrestre e la sua evoluzione, Zanichelli*, 2000.
-
- *La verità sullo Spinosauro, su Paléo-Wiki*, su *dinonews.net*.